

(様式 4)

別紙 2

論文審査の結果の要旨

学位申請者 MUHAMMAD NUR FARHAN BIN SANIMAN

本論文は、Study on Quantitative Noncontact Characterization of Non-Gaussian Surface Roughness by Air-Coupled Ultrasound (空気超音波による非ガウシアン表面粗さの定量的非接触評価に関する研究) と題し、6 章より構成されている。第 1 章「序論」では、本論文で扱う表面粗さの工学・工業上の重要性と測定方法ならびに非ガウシアン表面について概説するとともに、超音波による表面粗さ測定について俯瞰することで本研究の目的と位置付けを明確にし、それを踏まえて本論文の構成について述べている。

第 2 章では、超音波を用いた表面粗さ評価におけるいくつかの基礎理論、すなわち、ガウシアンランダム表面 (以下、ガウシアン表面と略す) の統計的記述法、ガウシアン表面に対する Kirchhoff 散乱モデル、非ガウシアン表面のモデル化のための Johnson 分布の利用、および空気超音波法の特徴、などについて詳細に説明している。

第 3 章では、空気超音波法によるガウシアン表面の粗さの定量的評価について述べている。まず、本論文の実験に使用した圧電型空気超音波センサーの基本性能を調べるとともに、反射率測定に基づく表面粗さ R_q の定量評価法について説明した。次いで、反射率の測定結果は Kirchhoff 散乱モデルによる理論予測値とよく一致することを実証した。表面粗さ $R_q = 0.02 \sim 92.8 \mu\text{m}$ の試験片に対して周波数 $0.35 \sim 4.2 \text{MHz}$ の帯域で反射率を測定し、表面粗さを評価した結果、空気超音波法により測定した表面粗さ R_q は触針法による結果と $\pm 10\%$ 以内で一致することが確認された。

第 4 章では、空気超音波法による非ガウシアン表面の粗さの定量的評価について述べている。非ガウシアン表面の特性を反映する Johnson 曲線に対して Gaussian 曲線をフィッティングすることで、非ガウシアン表面における反射強度 I 、表面粗さ R_q および歪度 R_{sk} の理論的關係式を導出した。この關係式の妥当性を検証するために、 R_q および R_{sk} の値が異なる様々なサンドペーパーに対して、中心周波数 0.35MHz 空気超音波センサーを用いた垂直入射法による反射率測定を行い、当該關係式から各サンドペーパーの R_q を評価した。評価された R_q は、 R_{sk} が既知である限り、触針法による測定値とよく一致したことから、当該關係式の妥当性が検証された。

第 5 章では、第 4 章の内容を踏まえて、より実用的な、非ガウシアン表面の粗さ評価法について検討している。具体的には、Kirchhoff 特性関数に Johnson 分布を導入することで、非ガウシアン表面における反射強度 I 、表面粗さ R_q および歪度 R_{sk} の新たな關係式を導出し、様々な入射角と周波数に対して I 、 R_q および R_{sk} の關係を定量的に調べた。その結果、ある条件下、具体的には R_q が相対的に小さい場合には I に対する R_{sk} の影響が無視できること、また、 R_q が相対的に大きい場合には I に対する R_{sk} の

影響が顕著になることが見出された。この特性に着目し、反射強度 I から表面粗さ R_q と歪度 R_{sk} を定量的に評価する手法を提案し、その有用性を数値実験により検証した。

第 6 章では、各章で得られた結果を纏めるとともに、当該研究の今後の展望を述べている。

以上のように、本論文は空気超音波を用いた非ガウシアン表面粗さの定量的評価のための新たな手法を提案するものであり、工学および工業上貢献するところが大きく、博士（工学）の学位論文として十分な価値を有するものと認める。

審査委員主査 井 原 郁 夫 印